

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 29.661

Classification internationale :



454.539

G 01 n

Dispositif pour la mesure de la conductivité thermique de matières en vrac. (Invention : Pierre DUMEZ.)

Société dite : ÉTUDES ET RECHERCHES SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES E.R.S.I. résidant en France (Seine).

Demandé le 27 août 1965, à 14^h 44^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 29 août 1966.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 41 du 7 octobre 1966.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention concerne un dispositif perfectionné en vue de la mesure de la conductivité thermique de matières en vrac, ce dernier terme désignant à la fois des matières pulvérulentes et des produits granulaires. Le dispositif prévu par l'invention a, en particulier mais non limitativement, pour but d'étudier l'influence du tassement ou degré de compacité de la matière en vrac sur la valeur de la conductivité thermique. Cet appareil vise également à permettre l'exécution de mesures sous pression ou sous vide et à des températures élevées.

Suivant l'invention, ce dispositif est principalement caractérisé en ce qu'il comprend une enveloppe admettant un axe de symétrie, pourvue d'un système de réfrigération extérieur et présentant une ouverture fermée par un couvercle amovible, cette enveloppe contenant une résistance électrique chauffante axiale autour de laquelle est disposée une cellule de mesure annulaire qui prend place dans ladite enveloppe et qui est destinée à être remplie par la matière en vrac à étudier, ce dispositif comprenant encore des moyens pour mesurer la température dans la cellule de mesure en des points situés à des distances radiales différentes de l'axe.

De préférence, la cellule annulaire de mesure qui présente une surface cylindrique de révolution est montée de manière amovible à l'intérieur de l'enveloppe. Elle peut ainsi être placée sur une table vibrante au moment de son remplissage par la matière en vrac. On peut doser de la sorte le taux de compacité conféré à la matière.

Dans une réalisation avantageuse de l'invention, la résistance électrique chauffante est montée à demeure dans la cellule de mesure annulaire et à une certaine distance de la paroi intérieure de cette dernière, ladite paroi assurant ainsi l'uniformisa-

tion du flux thermique rayonné vers la matière en vrac.

D'autres particularités de l'invention résulteront encore de la description ci-après.

Aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs :

La figure 1 est une vue en élévation après coupe suivant I-I de la figure 2 d'une cellule de mesure remplie de la matière en vrac à étudier.

La figure 2 est la vue en plan correspondante.

La figure 3 est une vue en élévation après coupe par un plan diamétral et arrachements montrant la cellule de mesure précédente montée dans l'enveloppe isolante.

La figure 4 est une vue en section droite suivant IV-IV de la figure 3.

Le dispositif de mesure visé par l'invention comprend, dans l'exemple représenté aux dessins annexés, une enveloppe 1 (fig. 3), par exemple en métal, affectant une forme cylindrique. L'enveloppe 1 est pourvue d'un fond 2 et d'un couvercle 3 montés de manière amovible grâce à des organes de fixation tels que des boulons, non représentés. L'étanchéité de cette liaison est assurée par des joints annulaires 4 et 5. La surface extérieure de l'enveloppe 1 est frettée par un serpent 6 permettant la circulation d'un liquide de refroidissement tel que l'eau. Le serpent 6 est contenu dans une chemise 7 à l'intérieur de laquelle a été coulé un métal 8 bon conducteur de la chaleur, tel que l'étain.

A l'intérieur de l'enveloppe 1 est destinée à prendre place une cellule de mesure amovible 9 (fig. 1 et 2) qui fait plus spécialement l'objet de l'invention.

La cellule 9 comprend un corps cylindrique 11, par exemple en acier inoxydable, pourvu de cales d'espacement extérieures et radiales 12 permet-

tant de le loger à l'intérieur de l'enveloppe 1 et de le maintenir coaxial à cette dernière. Le corps 11 est terminé suivant l'une de ses faces par une collette annulaire 11a servant d'appui à un fond 13 par exemple en amiante.

A l'intérieur du corps 11 est logée une seconde paroi cylindrique 14 de plus faible diamètre également en acier inoxydable et qui porte des bras radiaux 15 servant également de cales d'espacement. Les deux cylindres 11 et 14 déterminent ainsi un volume annulaire 16 destiné à recevoir la matière pulvérulente à étudier.

Dans le volume cylindrique ménagé par la paroi 14 est disposée une résistance de chauffage électrique 17 constituée par exemple par l'enroulement hélicoïdal d'un fil résistant tel qu'un fil en nickel-chrome (si les températures prévues sont inférieures à 1000 °C) sur un tube 18 de matière réfractaire. Dans le cas de températures plus élevées, la résistance 17 peut être remplacée par une tige de graphite, les connexions pouvant être alors réalisées conformément au brevet français de la demanderesse déposé le 23 juin 1965 et intitulé « Appareil pour la mesure de la conductivité thermique à très haute température ».

Dans le cadre de l'exemple figuré, la tige réfractaire 18 est maintenue à l'intérieur de la paroi 14 par des rondelles 19, 21, et la résistance 17 est alimentée par des conducteurs 22 qui traversent le couvercle 3 par un orifice 23 pourvu d'un bouchon isolant amovible et étanche 24.

Les températures au sein de la matière à étudier placée dans le volume annulaire 16 sont mesurées au moyen d'un ensemble de couples thermo-électriques 25a, 25b, 25c, etc., échelonnés radialement comme le montrent les figures 1 et 3. Le couple 25a est au contact de la paroi intérieure 14 les autres couples 25b, etc., sont équidistants. L'ensemble de ces couples est porté par les conducteurs doubles 26a, 26b, etc., qui traversent les bras 15 en passant dans des perles isolantes 27a, 27b, etc., destinées à réduire au maximum le court-circuit thermique entre ces conducteurs et les bras 15 intéressés.

Les conducteurs 26a, 26b, etc., qui sortent de l'enveloppe 1 par l'ouverture 23 et traversent le bouchon 24, comme on le voit figure 3, aboutissent à un potentiomètre-enregistreur multivoies non représenté, qui permet d'inscrire les températures transmises par les thermo-couples 25a, 25b, etc.

Bien entendu, le dispositif de mesure est complété par des moyens non figurés et bien connus, assurant une alimentation stabilisée de la résistance 17 et des moyens pour mesurer la température du liquide réfrigérant circulant dans le serpentin 6. Ces derniers moyens peuvent être notamment constitués par des thermomètres 28 dont le

corps gradué est logé dans des ajutages tangentiels 29 raccordés aux spires du serpentin 6, les réservoirs 31 des thermomètres 28 étant situés au sein même du courant liquide circulant dans le serpentin. L'étanchéité est assurée par des bouchons amovibles 32.

Le circuit d'eau alimentant le calorimètre ainsi constitué par le serpentin 6 et les thermomètres 28, comporte encore un débit-mètre de précision et une vanne automatique réglant le débit. De plus, il est prévu une sécurité coupant l'alimentation électrique de l'appareil en cas de manque d'eau, ce qui assure un fonctionnement continu absolument sans risque. L'alimentation électrique de la résistance 17 comprend encore un auto-transformateur et un régulateur de température, par exemple suivant un agencement analogue à celui décrit dans le brevet précité de la demanderesse.

Il est possible, de la sorte, en manœuvrant l'organe de réglage de l'auto-transformateur d'ajuster la puissance rayonnée par la résistance 17 de manière que les interventions du régulateur n'interviennent que sur de longues périodes. Il n'y a pas ainsi d'oscillation de température dans le système.

La mise en œuvre du dispositif ainsi agencé est la suivante : la cellule de mesure 9 est placée sur une table vibrante. Les couples thermo-électriques 25a, 25b, etc., ont été au préalable mis en place dans le plan médian en enfilant les conducteurs 26a, 26b, etc., à travers les perles 27a, 27b, etc., de façon que les couples 25a, 25b, etc., se trouvent dans la partie médiane de la cellule, sensiblement à la même hauteur, les couples étant, de préférence, régulièrement espacés les uns des autres.

La matière pulvérulente à étudier est alors versée progressivement dans l'espace annulaire 16. Si la table à secousse est actionnée, l'expérience montre que la densité de la matière croît rapidement et atteint une valeur limite correspondant au taux de compactage maximal. Par pesée on définit en fin d'opération la densité apparente du milieu. La cellule 9 étant ainsi préparée, comme le montre la figure 1, on la met en place à l'intérieur de l'enveloppe 1 après avoir disposé sur le fond de celle-ci des doigts isolants 33, par exemple en graphite, répartis en couronne parallèlement à l'axe de l'enveloppe 1 et portés par une plaque 34. La cellule 9 prend alors appui sur les doigts 33 par son fond 13 tandis que les cales radiales 12 la maintiennent à équidistance des parois de l'enveloppe 1. L'espace intercalaire ainsi réservé entre les surfaces 1 et 9 est rempli par une matière isolante et réfractaire telle que de la laine de verre ou de la poudre de silice ou encore du noir de carbone, des précautions étant prises, bien entendu, pour éviter un mélange de cette matière avec celle, objet de la mesure (mise en place d'un couvercle

par exemple). On met ensuite à l'intérieur du cylindre formé par la paroi 11 la résistance chauffante 17, à moins que cette dernière soit montée à demeure. La rondelle 21 empêche la pénétration de la matière d'isolement 34 à l'intérieur de l'espace tubulaire réservé entre les surfaces des organes 14 et 18.

Suivant la mesure désirée, l'appareil peut être mis sous vide ou sous pression, il comprend alors des organes (ajutage étanche non figuré porté par le couvercle 3 par exemple) permettant de le relier à une pompe à vide ou à un compresseur.

Après mise en température de la résistance 17, on enregistre, au sein de la matière 16 étudiée, les températures mesurées par les couples 25a, 25b, etc. On remarque à ce sujet que la paroi intérieure 14 du volume annulaire 16 joue le rôle de diffuseur et contribue à uniformiser les températures dans un sens axial. L'établissement du régime permanent pour une température déterminée de la résistance chauffante est observé très facilement.

La mesure consiste à déterminer d'une part le flux calorifique radial traversant la zone centrale de l'échantillon et d'autre part les différences de températures au sein de ce dernier suivant une direction radiale. Les thermomètres de précision 31 permettent de calculer facilement par calorimétrie le flux calorifique traversant l'échantillon. Comme les prises de températures dans le serpentin 6 sont réparties sur toute la hauteur de l'enveloppe 1, il est de plus possible de déterminer avec exactitude le flux calorifique traversant chacune des régions de l'échantillon. On peut alors, connaissant l'énergie thermique dissipée dans la résistance chauffante, faire un bilan calorifique complet et avoir une idée précise des pertes. On peut notamment faire des mesures à divers paliers de température, ce qui permet de connaître avec précision l'influence de ce paramètre.

En remplissant le volume annulaire 16 de la cellule 9 au moyen d'une même matière pulvérisée présentant des taux de compactage différents, on peut de plus étudier de manière précise l'effet de cette grandeur sur la conductivité thermique de la matière.

Les moyens simples et de réalisation peu onéreuse prévus par l'invention permettent ainsi d'effectuer des mesures dans un domaine qui, jusqu'à présent n'avait pas fait l'objet d'études systématiques.

Il est évident que l'invention n'est pas limitée à la réalisation qui précède et qu'on peut apporter à cette dernière des variantes d'exécution. Ainsi, d'autres modes de fixation pourraient être prévus pour les couples thermo-électriques bien que la disposition des conducteurs 26a, 26b, etc., desservant ces couples parallèlement à l'axe de l'appareil c'est-

à-dire suivant des lignes isothermes soit préférée pour éviter l'influence perturbatrice de gradients thermiques radiaux.

RÉSUMÉ

1° Dispositif pour la mesure de la conductivité thermique de matières en vrac caractérisé en ce qu'il comprend une enveloppe admettant un axe de symétrie, pourvue d'un système de réfrigération extérieur et présentant une ouverture fermée par un couvercle amovible, cette enveloppe contenant une résistance électrique chauffante axiale autour de laquelle est disposée une cellule de mesure annulaire qui prend place dans ladite enveloppe et qui est destinée à être remplie par la matière en vrac à étudier, ce dispositif comprenant encore des moyens pour mesurer la température dans la cellule de mesure en des points situés à des distances radiales différentes de l'axe.

2° Dispositif conforme au paragraphe premier et caractérisé en ce que l'enveloppe extérieure et la cellule annulaire de mesure présentent une surface cylindrique de révolution.

3° Dispositif conforme au paragraphe premier et caractérisé en ce que la cellule de mesure est montée de manière amovible à l'intérieur de l'enveloppe.

4° Dispositif conforme au paragraphe 3° et caractérisé en ce que la cellule de mesure porte des cales d'espacement extérieures permettant de la monter coaxialement à l'enveloppe.

5° Dispositif conforme au paragraphe premier caractérisé en ce que la résistance électrique chauffante est montée à demeure dans la cellule de mesure et à une certaine distance de la paroi intérieure de cette dernière, ladite paroi assurant ainsi l'uniformisation du flux thermique rayonné vers la matière en vrac logée dans la cellule de mesure.

6° Dispositif conforme au paragraphe premier caractérisé en ce que la cellule de mesure comporte un fond et qu'elle est ouverte à son extrémité opposée pour permettre le remplissage du volume annulaire qu'elle délimite, cette cellule pouvant être ainsi posée sur un support vibrant pour assurer le compactage, avant d'être introduite dans l'enveloppe du dispositif.

7° Dispositif conforme au paragraphe premier caractérisé en ce que le fond de l'enveloppe porte des doigts de soutien isolants, disposés parallèlement à l'axe et destinés à servir de support au fond de la cellule de mesure lorsque celle-ci est logée dans l'enveloppe.

Société dite :
ÉTUDES ET RECHERCHES SCIENTIFIQUES
ET INDUSTRIELLES E.R.S.I.

Par procuration :
G. BOUJ

